

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЗОТУРБИННОГО ЦИКЛА НА АЭС С РЕАКТОРАМИ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ

ANALYSIS OF APPLICATION GAS-TURBINE CYCLE ON NPP WITH FAST NEUTRON REACTORS

Таширева И. А., Лазаренко О. В., Черных Д. О., Щеклеин С. Е.
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, s.e.shcheklein@urfu.ru

Tashireva I. A., Lazarenko O. V., Chernykh D. O., Shcheklein S. E.
Ural Federal University, Ekaterinburg

Аннотация: Рассмотрена возможность применения газотурбинного цикла на АЭС с реакторами на быстрых нейтронах. Рассчитаны закрытая и открытая схемы цикла и проанализированы эффективные КПД циклов.

Abstract: The possibility of using gas-turbine cycle on NPP with fast neutron reactors is considered. Calculated closed and opened cycle scheme and analyzed thermal efficiency.

Ключевые слова: газотурбинный цикл; ядерное топливо; реакторы на быстрых нейтронах; КПД; атомная станция.

Key words: gas-turbine cycle; nuclear fuel; fast neutron reactors; efficiency; atomic power plant.

В настоящее время запас U-235 заканчивается. Решением данной проблемы являются реакторы на быстрых нейтронах, которые позволяют нарабатывать вторичное топливо Pu-239, поэтому использование быстрых реакторов может существенно расширить топливную базу и решить проблему нехватки урана. Поэтому широкое внедрение таких реакторов позволит, во-первых, существенно снизить стоимость топлива, во-вторых, позволит сделать двух целевое использование ядерного топлива, при котором термический КПД не имеет значение [1].

В данной работе второй натриевый контур заменяется газовым. Следовательно, атомная станция начинает работать на газотурбинном цикле.

Преимущества этого решения [2]:

- 1) исключается возможность взаимодействия натрия и воды;
- 2) все радиоактивные элементы сосредоточены в первом контуре;
- 3) снижается металлоемкость всего реактора, вследствие замены второго натриевого контура на газовый;
- 4) газ слабо активизируется под действием нейтронного излучения.

Рабочим телом этой атомной станции служит воздух.

В работе рассмотрены две схемы газотурбинного цикла: разомкнутая (рис. 1) и замкнутая (рис. 2).

В первом случае воздух, отработавший в турбине, сбрасывается в атмосферу.

Преимущества разомкнутой схемы:

- 1) низкая металлоемкость;
- 2) простота конструкции.

Недостатки разомкнутой схемы:

- 1) возможен вынос радиоактивных веществ вместе с рабочим телом в окружающую среду в случае возникновения негерметичности теплообменника;
- 2) наличие кислорода в воздухе;
- 3) низкий КПД.

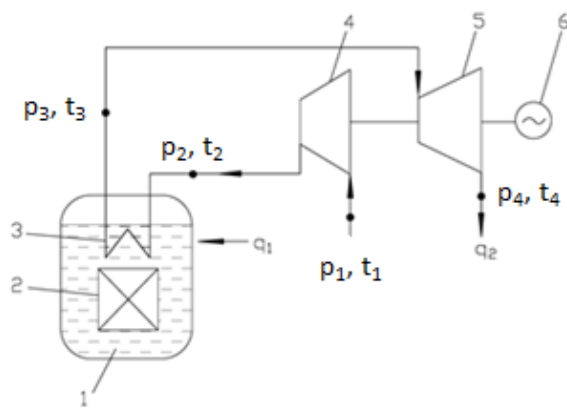


Рис.1. Разомкнутый газотурбинный контур
1-реактор; 2-активная зона; 3-теплообменник; 4-компрессор; 5-газовая турбина; 6-электрогенератор.

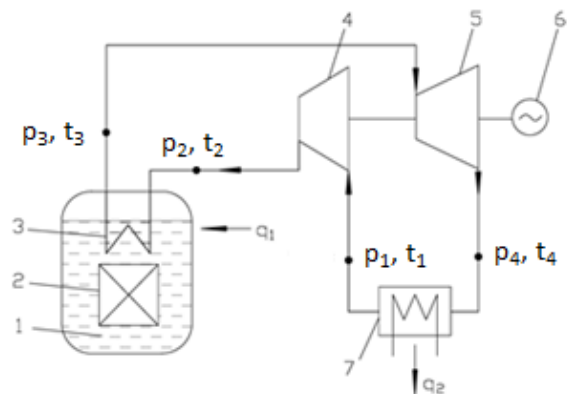


Рис.2. Замкнутый газотурбинный контур
1-реактор; 2-активная зона; 3-теплообменник; 4-компрессор; 5-газовая турбина; 6-электрогенератор; 7-теплообменник.

В соответствии с [3] газотурбинный цикл (рис. 3) рассчитывается по следующим формулам:

Работа необратимого сжатия в компрессоре: $l_{\kappa}^{\circ} = h_{2\partial} - h_1$;

Работа необратимого расширения в турбине: $l_m^{\circ} = h_3 - h_{4\partial}$;

Подведенное тепло: $q_1^{\circ} = h_3 - h_{2\partial}$;

Эффективный КПД ГТУ: $\eta_e^{ГТУ} = \frac{(l_m^{\circ} \cdot \eta_M - l_{\kappa}^{\circ}) \cdot \eta_{\Gamma}}{q_1^{\circ} / \eta_{КС}}$,

где η_M – механический КПД, η_{Γ} – КПД генератора, η_3 – КПД теплообменника 3.

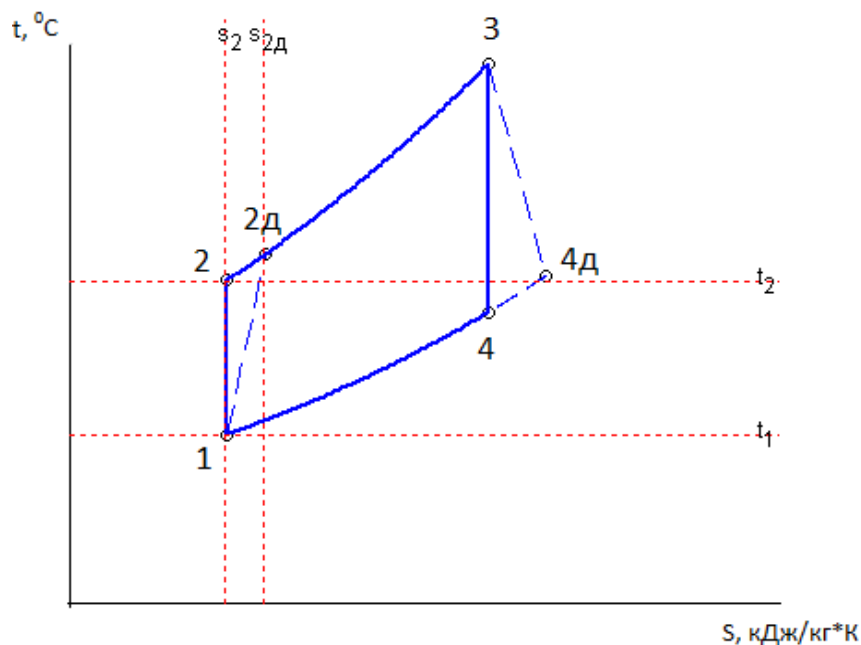


Рис. 3. T-S диаграмма газотурбинного цикла

В замкнутой схеме газ циркулирует по контуру и охлаждается с помощью градирни или пруда охладителя. Преимуществами замкнутой схемы является возможность применять в качестве рабочего тела любой газ, например, азот, аргон, гелий, который более благоприятен для конструкционных материалов.

Зависимость эффективного КПД от температуры рабочего тела на входе в турбину [4–6] при разных давлениях ($p=1, 2, 4$ МПа) и коэффициентах сжатия в компрессоре ($\sigma=p_4/p_3=2; 8$) представлена на рис. 4 и рис. 5.

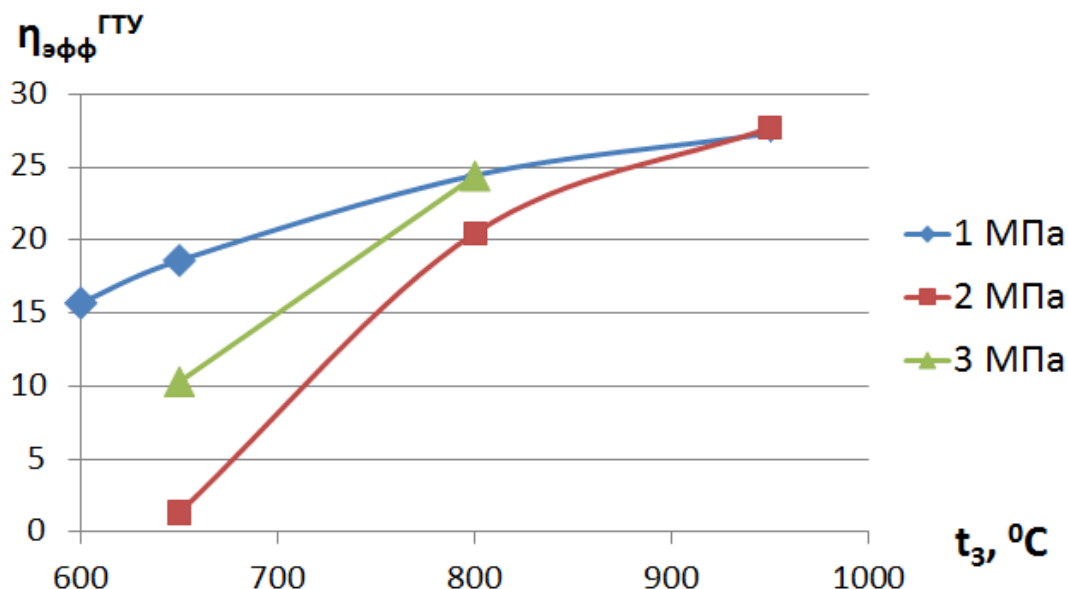


Рис. 4. Зависимость эффективного КПД от температуры рабочего тела для разомкнутого газотурбинного контура

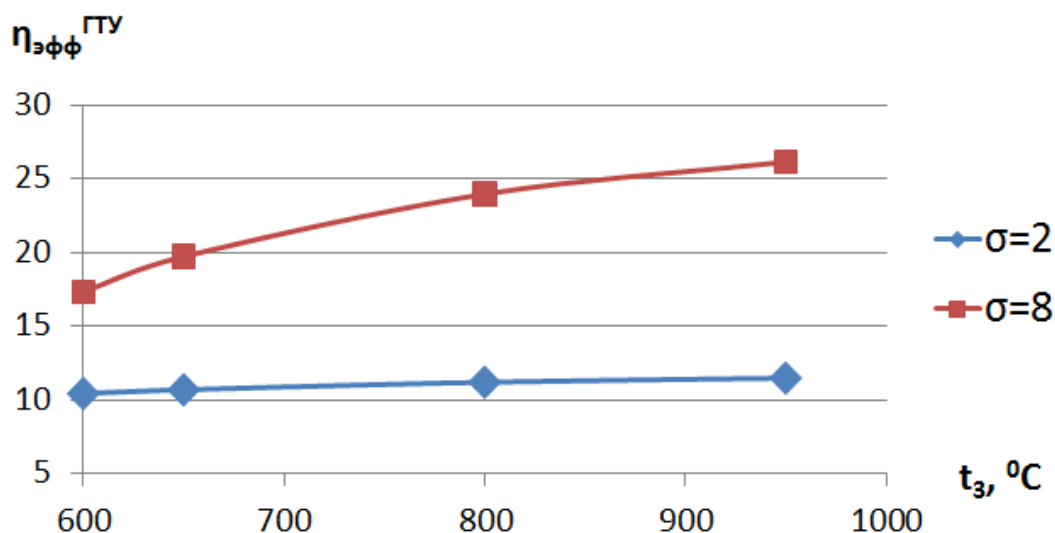


Рис. 5. Зависимость эффективного КПД от температуры рабочего тела для замкнутого газотурбинного контура

Таким образом, по результатам расчета, можно сделать вывод о реальной возможности использования газотурбинного цикла на АЭС с жидкометаллическим теплоносителем, а также осуществить переход в будущем на парогазовый цикл, который позволит более полно использовать располагаемую энергию газа, что повысит КПД и снизит тепловые сбросы в окружающую среду.

Список использованных источников

1. Физические и технологические особенности ядерных реакторов на быстрых нейтронах: учебное пособие / Н. Н. Ошканов. Екатеринбург : УрФУ, 2016. 105 с.
2. Атомные электростанции с реакторами на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем: учебное пособие. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Бельтюков, А. И. Карпенко, С. А. Полуяктов, О. Л. Ташлыков, Г. П. Титов, А. М. Тучков, С. Е. Щеклеин; под общ. ред. С. Е. Щеклеина, О. Л. Ташлыкова. Екатеринбург : УрФУ, 2013. 548 с.
3. Техническая термодинамика: учеб. пособие для вузов / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов. 4-е изд., стер. М. : Высш. шк., 2005. 261 с.: ил.
4. Щеклеин С. Е. АЭС нового поколения с ядерными реакторами повышенной безопасности: учебное пособие. Екатеринбург : УГТУ, 1998. 94 с.
5. Оборудование энергетических контуров с тяжелыми жидкометаллическими теплоносителями в атомной энергетике: учеб. пособие / А. В. Безносков, Т. А. Бокова. Нижний Новгород : Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р. Е. Алексеева, 2012. 536 с.
6. Технологии и основное оборудование контуров реакторных установок, промышленных и исследовательских стендов со свинцовым и свинец-висмутовым теплоносителями: учеб. пособие / А. В. Безносков, Т. А. Бокова, П.

А. Боков; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р. Е. Алексеева. Нижний Новгород : Литера, 2016. 488 с.

УДК 628.385

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПЕРЕРАБОТКИ НАВОЗА ЖИВОТНЫХ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОГАЗА

ANALYSIS METHOD FOR PROCESSING ANIMAL MANURE FOR BIOGAS PRODUCTION

Телюбаев Ж. Б., Шерьязов С. К.

Южно-Уральский государственный аграрный университет, Институт
Агроинженерии, г. Челябинск, telyubaev@yandex.ru

Telyubaev Zh. B., Sheryazov S. K.

South Ural State Agro University, Chelyabinsk

Аннотация: В работе рассмотрены существующие технологии переработки навоза животных (птичьего помета). Показаны преимущества и недостатки технологии переработки отходов животноводства и птицеводства. Показано преимущество биогазовой технологии.

Abstract: In the article the existing manure processing technology animals (poultry manure). Advantages and disadvantages of waste processing technology of livestock and poultry. The advantage of biogas technology.

Ключевые слова: биогазовые установки; технологии переработки навоза; биогаз; удобрение; анаэробное брожение.

Key words: biogas plants; technology for processing manure; biogas; fertilizer; anaerobic fermentation.

Агропромышленный комплекс влияет на окружающую среду, загрязняя ее своими отходами животноводческих ферм и комплексов. Так, в результате жизнедеятельности животных, возникает большое количество отходов, которые можно рассматривать, как проблему, или как дополнительный источник дохода. В навозе животных, могут содержаться семена сорных растений, при попадании которых на поля, они могут оказать отрицательное влияние на культурные растения. Навоз также может стать источником болезней и инфекций, загрязняя подземные воды и ухудшая экологическую обстановку.

Негативное воздействие отходов жизнедеятельности животных или птиц на окружающую среду происходит в связи с несовершенством используемых